



Adaptación de clones de caucho en América Latina, en zonas de *Microcyclus ulei* y zonas de escape

F. Rivano

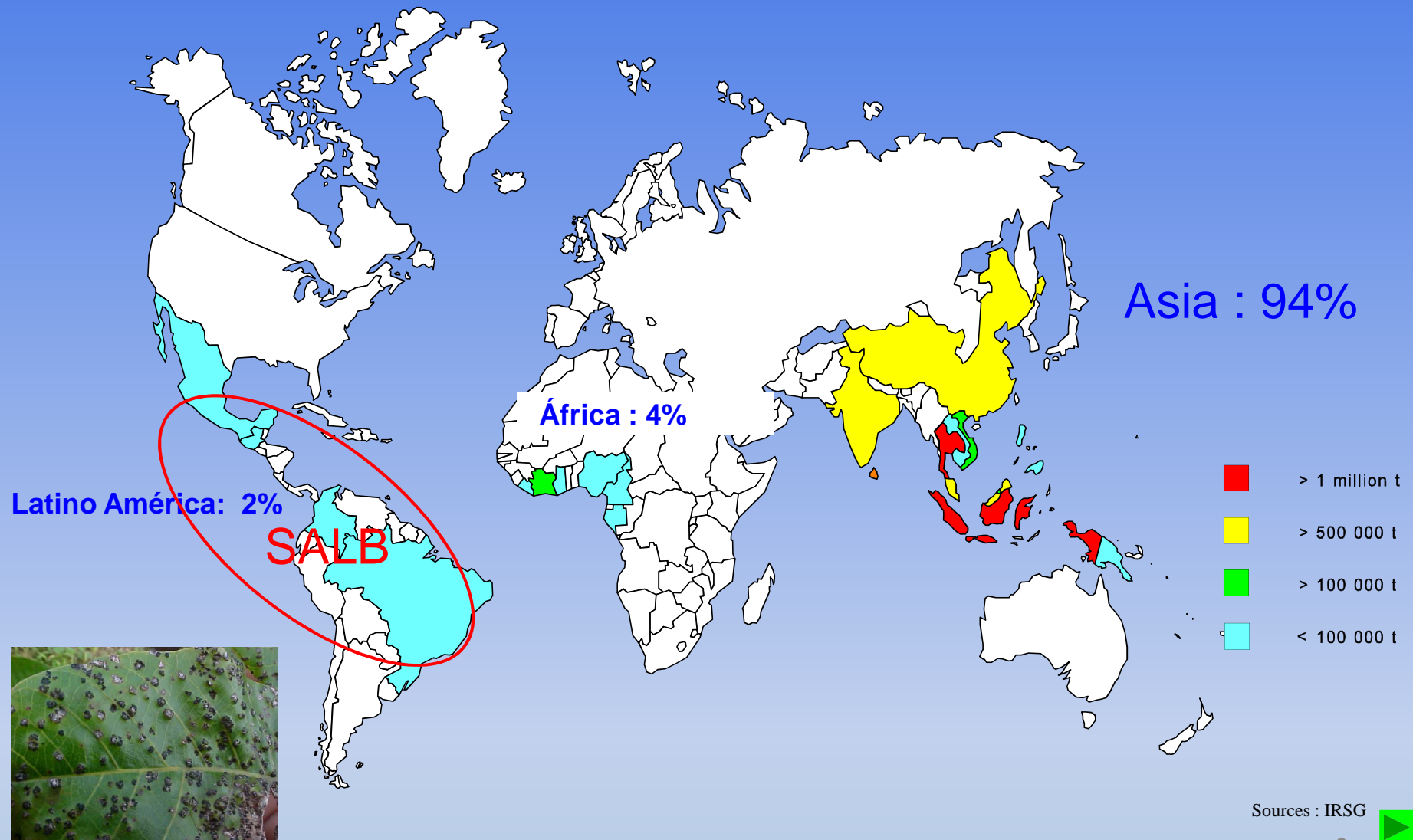
Cirad, Persyst Department, Research Unit "Performance of Tree Crops Systems" TA-B-34/02, 34398 Montpellier Cedex, France.

franck.rivano@cirad.fr

Medellín, 02 de diciembre 2015



Natural Rubber producing countries



SALB: Microcyclus ulei

- EL hongo provoca una severa marchitez de la hojas jóvenes, que caen sucesivamente durante la época húmeda,
- Debilita los arboles y puede provocar hasta su muerte,
- La productividad puede bajar a menos de 1 ton/ha en vez de 2 ton/ha/año en condiciones normales.
- Los clones asiáticos son altamente susceptibles : RRIM 600, GT1, PB 260, etc.



Variabilidad fisiológica del hongo

- Descubrimiento de razas fisiológicas en *M. ulei* en 1960 por Langford, confirmada por Langdon en 1965.
- Estudios sobre la variabilidad fisiológica de *M. ulei* realizados por Sudhevea en 1975, Chee et al., 1986; Junqueira et al., 1986; Hashim & Almeida, 1987; Furtado et al., 1995, y en Guyana francesa (Rivano, 1997).
- Se realizó en 2003 un estudio de variabilidad de *M. ulei* en una plantación de caucho al sureste del estado de Bahía, a partir de 50 cepas aisladas en la plantación,
- Resultados: 36 razas diferentes *

*Mattos, C.R.R., Garcia, D., Pinard, F., Le Guen, V., 2003. Variabilidade de isolados de *Microcyclus ulei* no sudeste da Bahia. *Fitopatol. Bras.* 28 (5), 502–507

Reacción de cepas de *Microcyclus ulei* en una gama de clones de Hevea Ecuador 2012

VIRULENCIAS	Cepas	FX 2261	FX 2784	FX 2804	FX 3899	FX 4098	FX 985	IAN 6158	MDF 180	PA 31
4	1	+	-	+	-	+	+	-	-	-
5	2	-	+	-	+	+	+	+	-	-
5	3	-	+	+	+	-	+	+	-	-
5	4	-	+	+	+	+	+	-	-	-
5	5	+	+	-	+	+	+	-	-	-
6	6	-	+	-	+	+	+	+	-	+
6	7	+	+	+	+	+	-	-	+	-
6	8	+	+	-	+	+	-	-	+	+
6	9	+	+	-	+	+	-	-	+	+
6	10	+	+	-	+	+	+	-	+	-
6	11	+	+	-	+	+	+	-	+	-
6	12	+	+	+	+	+	+	-	-	-
6	13	+	+	+	+	+	+	-	-	-
6	14	+	+	+	+	+	+	-	-	-
6	15	+	+	+	+	+	+	-	-	-
6	16	+	+	+	+	+	+	-	-	-
7	17	+	+	-	+	+	+	+	-	+
7	18	+	+	-	+	+	+	-	+	+
7	19	+	+	+	+	+	+	-	+	-
7	20	+	+	+	+	+	+	-	+	-
7	21	+	+	+	+	+	+	-	-	+
7	22	+	+	+	+	+	+	-	-	+
7	23	+	+	+	+	+	+	-	-	+
8	24	+	+	+	+	+	+	-	+	+
8	25	+	+	+	+	+	+	-	+	+

25 cepas: 15 razas diferentes

Métodos de control

- Control químico: en viveros, jardines clonales y en plantaciones (costo alto)
- Control biológico: *Dicyma pulvinata*, solo a pequeña escala o a nivel experimental
- Injerto de copa : solución de rescate
- Zonas de escape : verano largo y muy seco
- Control genético: el más viable en zonas donde la presión del hongo es alta y permanente.

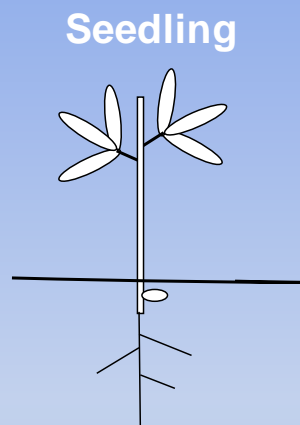
Métodos de control

Control químico

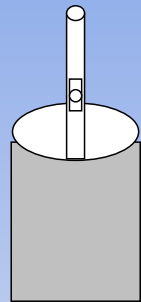
- Eficiente en viveros, jardín clonal, y en plantaciones jóvenes
- Pero es costoso, no sostenible, y no muy respetuoso del medio ambiente.



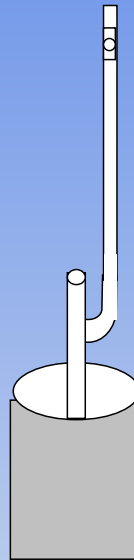
Injerto de copa



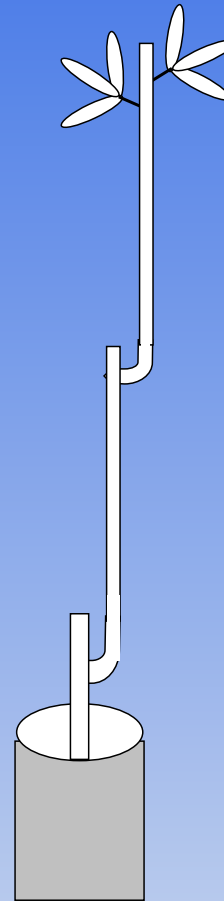
Low Stem



Dormant High Stem



Developed High Stem



Control Agronómico: 1/2

Injerto de copa

Ventajas:

- Salvar una plantación de clones susceptibles,
- Utilizando clones resistentes para la copa,
- Funciona cuando la presión del SALB es alta.

Desventajas:

- Costo alto, dificultad para obtener un 100% de prendimiento,
- Fragilidad de la copa porque puede haber una incompatibilidad entre el tronco y la copa,
- Efecto negativo sobre la producción, cuando son especies diferentes entre el tronco y la copa,
- Las resistencias verticales pueden ser quebradas después de algunos años , no hay garantía de sostenibilidad de la resistencia.

Injerto de copa



MDF 180



FX 25



FX 2784

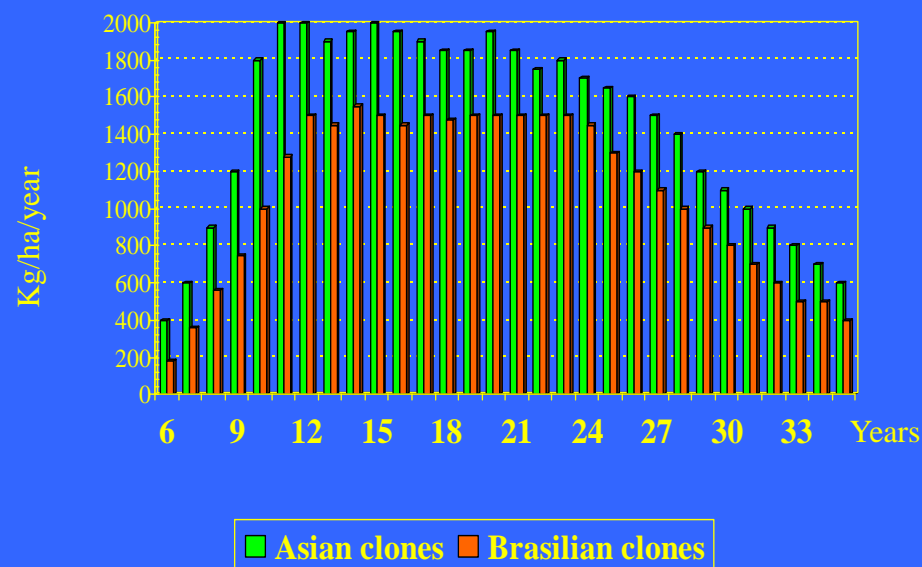
Control Agronómico: 2/2

Áreas de Escape

- Estación seca marcada de 4-5 meses, con precipitaciones mensuales $< 50\text{mm}$, y 2-5 meses $< 30\text{mm}$,
 - Déficit hídrico $> 200\text{ mm}$,
 - Humedad relativa del mes más seco $< 65\text{-}70\%$,
- Defoliación-refoliación durante la temporada seca, las hojas jóvenes no son atacadas durante la refoliación,
Los clones asiáticos (susceptibles a *Microcyclus*) se pueden cultivar en estas zonas de escape, con mucha seguridad, obteniendo mayores productividades (1.8 - 2ton/ha/año)

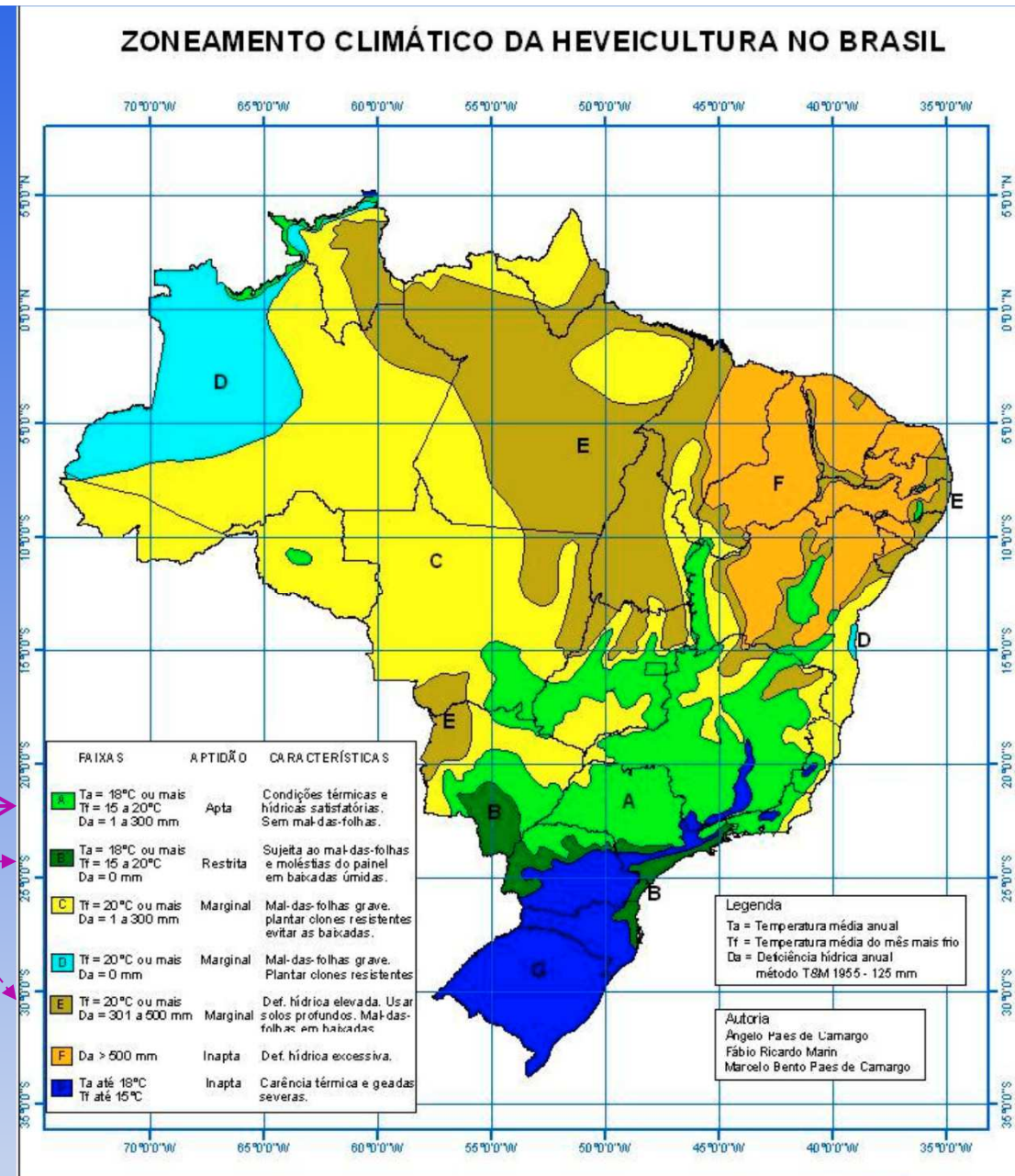


Plantación de GT1 de 7 años en Colombia



Camargo et al.
2003

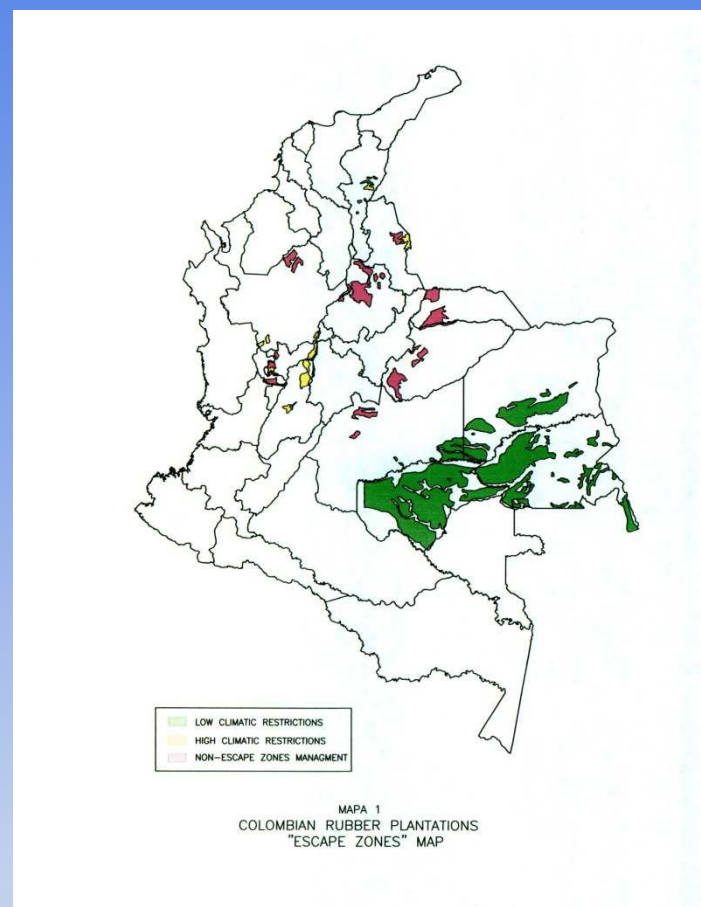
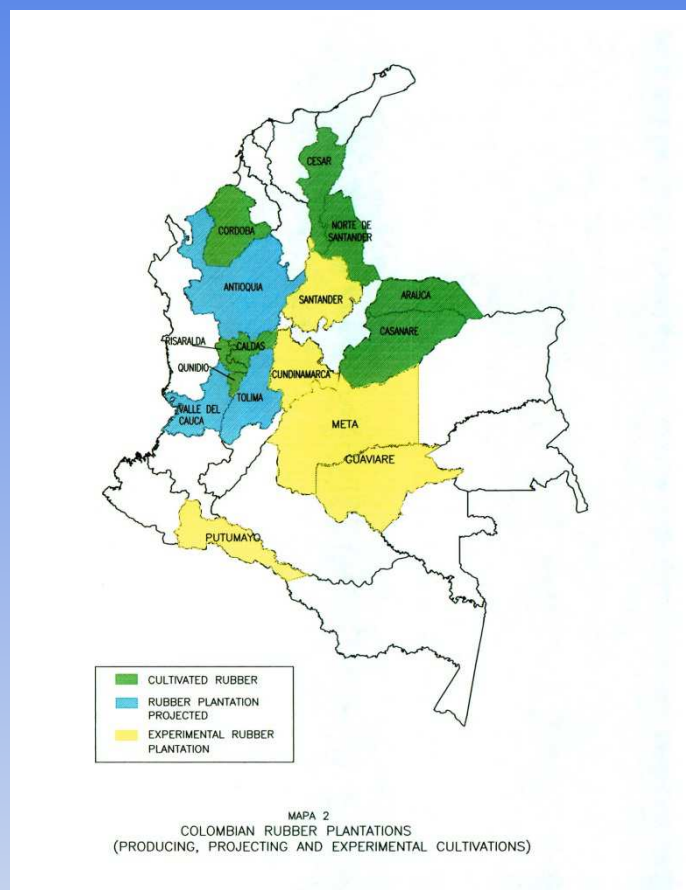
Desarrollo actual
del caucho



Las áreas de escape fueron identificadas en Brazil in 1981 (Ortolani et al.), en Colombia (1997), México (2000) y Ecuador (2006).

- # Áreas de Escape en Colombia

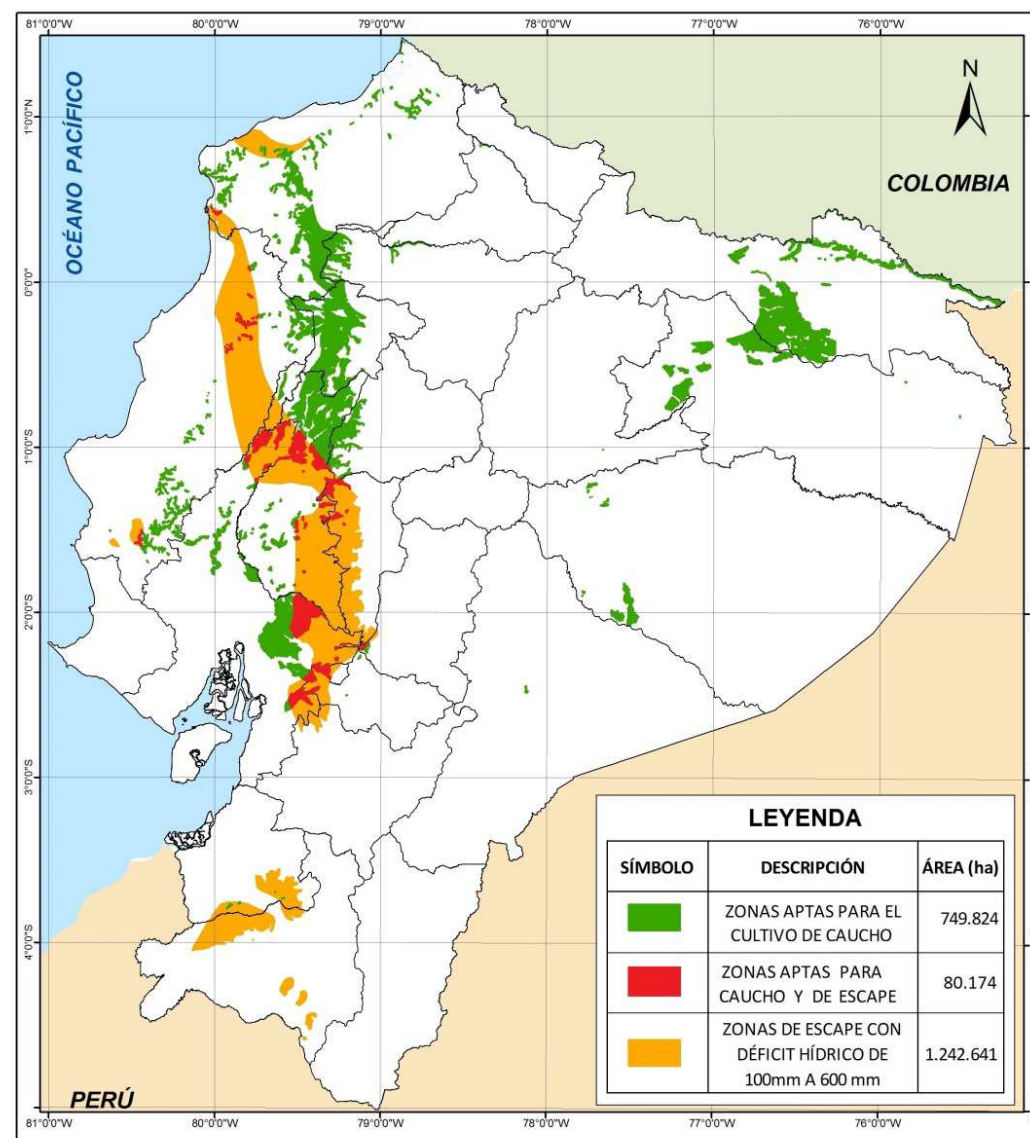
1997: estudio de zonificación (CONIF-Ministerio Agricultura): 60 millones de has potencialmente aptas para caucho, de las cuales 900'000 has se encuentran en zonas de escape.



CASTAÑEDA, A- 1997. Zonificación de áreas aptas para el cultivo del caucho. Informe Final. Convenio Minagricultura-CONIF 025-96. Bogotá D.C.

Áreas favorables y de escape para el cultivo de caucho en Ecuador: 80,174 Ha

Rivano, F., Maldonado, L., Simbaña, B., Lucero, R., Gohet, E., Cevallos, V., Yugcha, T., 2015. Suitable rubber growing in Ecuador: An approach to South American leaf blight. Industrial Crops and Products 66, 262-270.



Las áreas de escape : una alternativa, pero no es la única

- Porque depende de ...
 - La disponibilidad y precio de la tierra,
 - La disponibilidad de la mano de obra,
 - Competencia con otros cultivos de pancoger y ganadería,
 - Factores limitantes para la producción en condiciones sub-optimales: frío, sequía y déficit hídrico, plagas,...

El mejoramiento genético es la solución más promisoría para un control sostenible del SALB

A partir de 1928, varias compañías participaron en el mejoramiento genético de la resistencia al SALB:

- 1945: Ford Motor Company sembró 9'500 has en las orillas del río Amazonas en Brasil con clones asiáticos y clones nativos, pero las epidemias del SALB forzaron la compañía Ford a abandonar sus plantaciones al gobierno brasileiro,
- 1947 - 1983, Firestone inició un programa de mejoramiento genético para la resistencia al SALB con otros institutos de latino América, pero tuvo también que abandonar y se fue del continente,
- De estas experiencias, algunos clones fueron recomendados para siembras comerciales en América latina, pero con una productividad media, y con resistencias que fueron muchas veces quebradas.

Mejoramiento genético

1982: CIRAD inició un programa de investigación sobre el SALB en **Guyana Francesa**,

1980-1984 : Michelin inició en **Brasil** nuevas plantaciones de caucho en :

- Mato Grosso (área de Escape)
- Bahía (zona de alta presión de *Microcyclus*)

1992: Cirad y Michelin aunaron experiencias y recursos para llevar a cabo un proyecto **Cirad-Michelin-Brasil (CMB)**, para la creación de clones resistentes al SALB y productivos , y clones adaptados a las áreas sub-optimales .

Nuevo programa de mejoramiento CMB

- Objetivo: producir materiales que tengan una resistencia sostenible al SALB y una alta productividad, y que permitan,
 - Aumentar las superficies cultivadas de caucho en América latina,
 - Asegurar la producción de caucho en regiones tradicionales de África y de Asia (en caso de introducción de la enfermedad en estos continentes)

“Dos condiciones necesarias para perennizar una cadena productiva que tiene que enfrentar una demanda en perpetuo crecimiento”



PROYECTO CMB

La plantación de Michelin en Bahía es probablemente una de las plantaciones más afectadas de Brasil. La incidencia del SALB es muy alta y la diversidad del hongo muy compleja: existen múltiples virulencias combinadas en diferentes razas, en cepas muy agresivas. En 2010, 64 diferentes razas fueron identificadas dentro de 159 cepas aisladas *.

*Mattos, C.R.R., Garcia, D., Pinard, F., Le Guen, V., 2003. Variabilidade de isolados de *Microcyclus ulei* no sudeste da Bahia. Fitopatol. Bras. 28 (5), 502–507

Facilidades en PEM (Mato Grosso)

- o 80 ha totalmente dedicadas a la experimentación en genética
- o Más de 200 clones en la colección de germoplasma
- o Un jardín de polinización
- o Un laboratorio de electroforesis isoenzimática
- o Un laboratorio de Diagnóstico Látex
- o Presión de *Microcyclus* baja
- o Zona interesante para aumentar extensiones de plantaciones de caucho en Brasil.

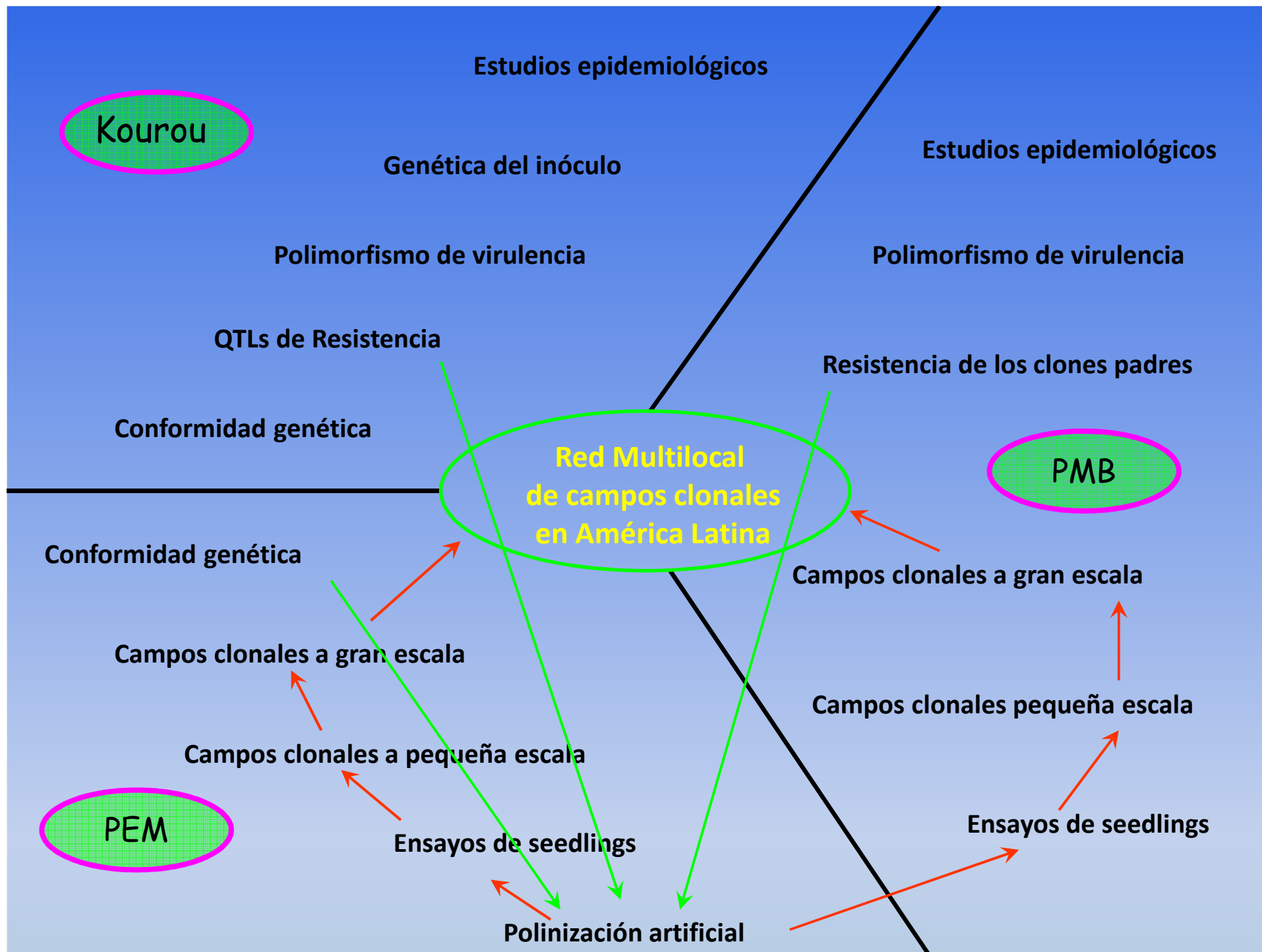
Facilidades PMB (Bahía)

- o 1000 clones originales, algunos procedentes de Madre de Dios, introducidos por Firestone, en colección de germoplasma
- o Numerosos clones brasileños sembrados a escala industrial
- o Un Laboratorio de Fitopatología
- o Un cuarto de inoculación
- o Una presión alta de *Microcyclus* con un alto nivel de polimorfismo en *Microcyclus ulei*
- o Área tradicional para el cultivo de caucho.

Facilidades

Cirad-Kourou (Guayana Francesa)

- o Un Laboratorio de Fitopatología
- o Un cuarto de inoculación artificial
- o Laboratorio de Biología Molecular
- o Estación Experimental en medio de la selva Amazónica
- o Más de mil clones en la colección de germoplasma
- o Los géneros *Hevea* y *Microcyclus* nativos del área
- o Presión de SALB moderada a alta
- o Sin cultivos tradicionales de caucho



Fuentes genéticas de resistencia al SALB

Material nativo o medio-domesticado
(Germoplasma = 1000 clones)
3 grupos

Genotipos Nativos

baja productividad
Sostenibilidad de la resistencia
aun no confirmada (r o Rs)

Genotipos Híbridos

Gran variabilidad de productividad,
baja resistencia (r)

Genotipos Elites híbridos

Productividad intermedia
Resistencia sostenible (Rs)

Material Domesticado
(clones asiáticos)

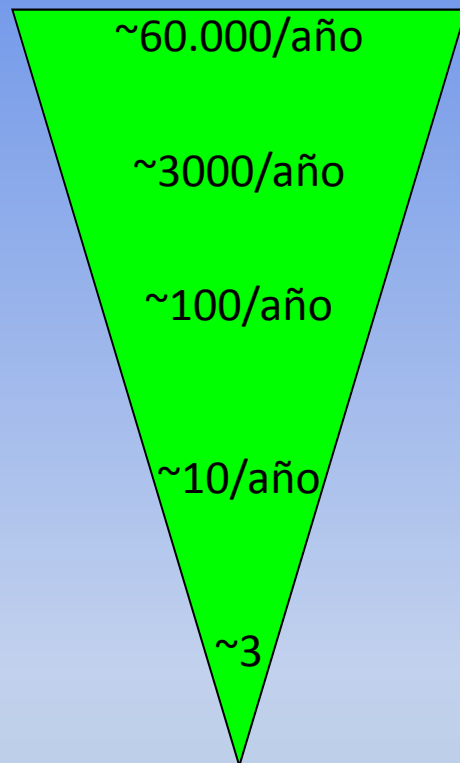
Genotipos comerciales conocidos

Alta productividad = P
Alta susceptibilidad = S

Esquema del programa de mejoramiento genético para el SALB

Genotipos Elites híbridos
Productividad intermedia
Resistencia sostenible (Rs)

Genotipos comerciales conocidos
Alta productividad = P
Alta susceptibilidad = S



Polinización manual

año 0

Campo de Evaluación de Seedlings
CES

año 1 a 4

Campo de Clones a Pequeña Escala
CCPE

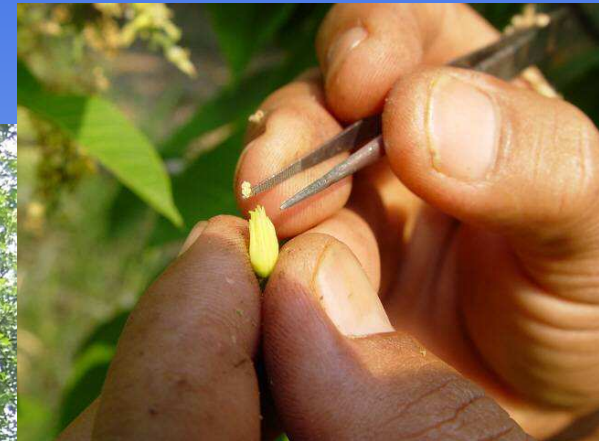
año 5 a 11

Campo de clones a Gran Escala
CCGE

año 12 a 22

Recomendación Clonal

Polinización manual del Hevea



Campos de evaluación de seedlings

**Selección muy precoz sobre árboles no injertados (seedlings)
1 árbol por genotipo x 3000 genotipos x 2 años**



Campos de Clones a Pequeña Escala

Selección clonal precoz sobre árboles individuales
20 árboles por clon x 100 clones x 8 años



Campos de Clones a Gran Escala



Un paso obligatorio antes de las recomendaciones clonales

Duración : 6 años de crecimiento + por lo menos 9 años de producción

Superficie: de 200 à 500 árboles injertados por clon x 8-20 clones = 6-18 ha

Aspectos relevantes :

- parcelas experimentales similares a las parcelas de cultivo comercial
- **observación de la estabilidad de la población de arboles**
(brown bast, daños por viento, enfermedades, arquitectura, ...)
- Tipología fisiológica de los clones: **distinción entre quick-starters y slow-starters**

Los Clones de caucho

Como se escoge un clon?

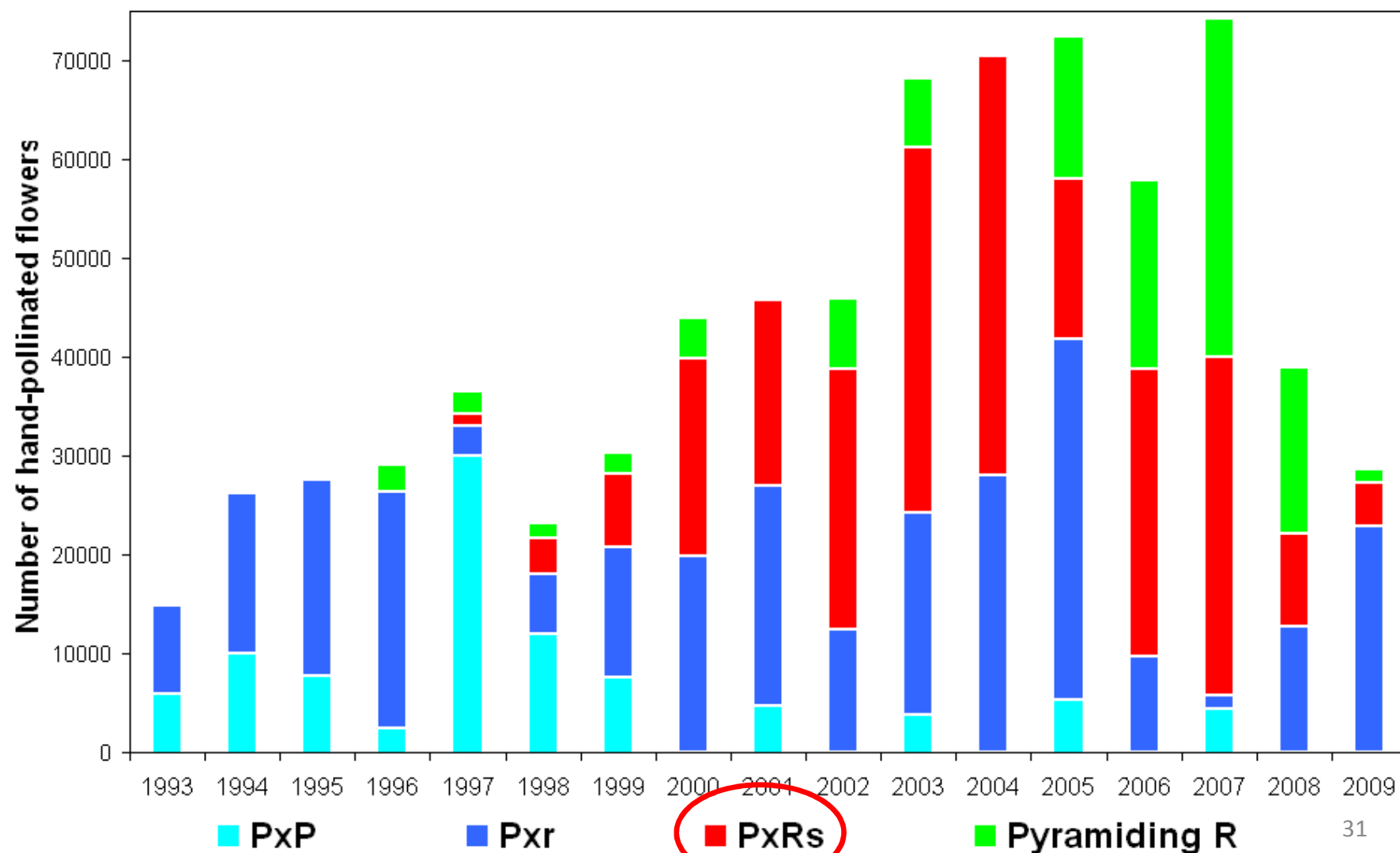
- **Característica principal : la producción**
- Perfil fisiológico (metabolismo del sistema laticífero) adaptado a las técnicas modernas de explotación

Características secundarias:

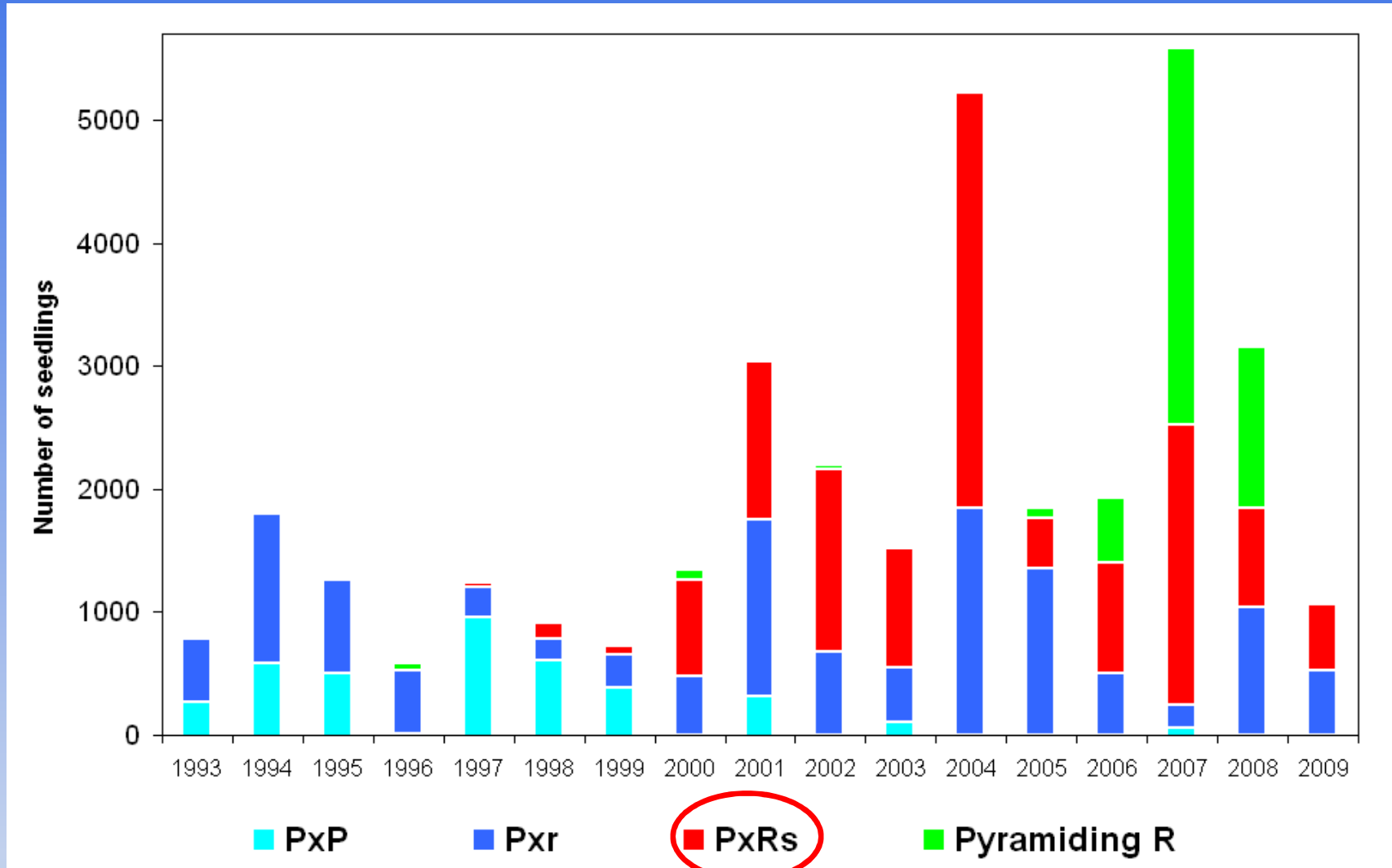
- Resistencia al viento
- Resistencia a enfermedades de hojas y fisiológicas del panel (corte seco)
- Anatomía de la corteza, espesor y regeneración
- Adaptación a condiciones biofísicas diferentes
- Arquitectura del tronco
- Características tecnológicas del caucho para su procesamiento
- (Producción de madera)

En grandes plantaciones (proyectos industriales) se recomienda sembrar de 5 a 10 clones diferentes para repartir riesgos.

Progresión de las polinizaciones durante 17 años en el programa de mejoramiento CMB



Número de plantas producidas entre 1993 y 2009 (16 años)

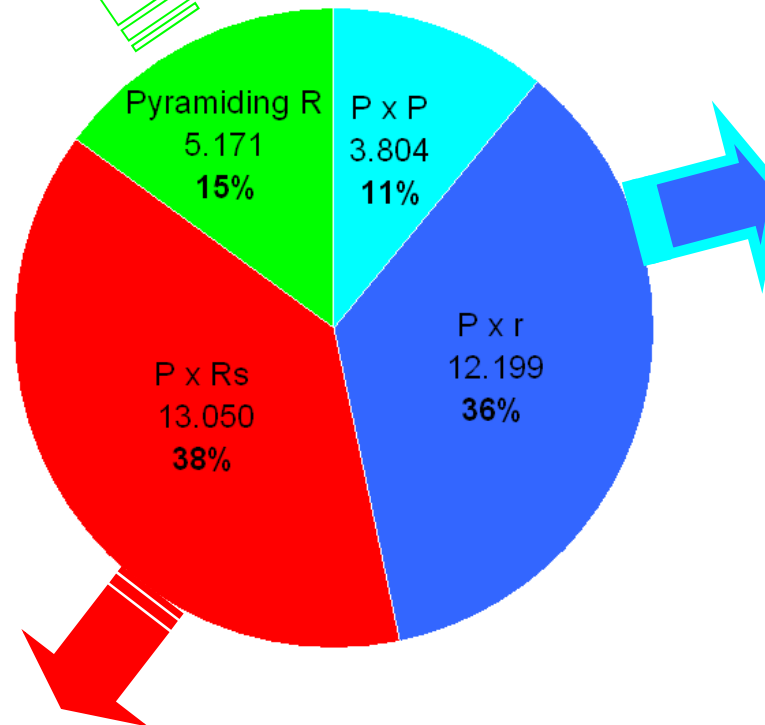


El numero de plantas aumento a favor de la producción y resistencia, enfocado a la salida de cultivos comerciales

**Selección de futuros
progenitores resistentes al
SALB**

3 orientaciones para el material,
dependiendo de la presión del SALB

Number of seedlings from cross-hand pollinations from 1992 to 2009



**Selección para
áreas
sub-optimales**

**Selección para
Áreas SALB**

Rivano, F., Mattos, C.R.R., Cardoso, S.E.A., Martinez, M., Cevallos, V., Le Guen, V., Garcia, D., 2013. Breeding *Hevea brasiliensis* for yield, growth and SALB resistance for high disease environments. *Industrial Crops and Products* 44, 659-670

Ensayos CMB en 2010 (desde 1992)

Ensayo	Numero de ensayos	Area (ha)	Numero de progenies	Numero de genotipos	Numero de clones	Numero de selecciones /año
Campos de Seedling	18	16.4	302	34.224	-	
Campos de clones a pequeña escala	12	64.7	85	-	1414	100
Campos de clones a Gran escala	2	18.3	-	-	49	10-15
Campo Monoclonal en 2010	1	15	-	-		3-4
Total	33	115				



Esquema del programa de mejoramiento genético para el SALB

50 genotipos Elites híbridos
Productividad intermedia
Resistencia sostenible (Rs)

Genotipos comerciales conocidos
Alta productividad = P
Alta susceptibilidad = S





CDC 312



FDR 5788



PMB 1

Red Internacional de 13 clones CMS

13 clones resistentes (13 clones CMS) con producción intermedia a buena fueron seleccionados (2005) después de 15 años de pruebas en campo y laboratorio:

CD 1174

CDC 56

CDC 312

MDX 607

MDX 624

PMB 1

FDR 4575

FDR 5240

(FDR 5283)

FDR 5597

FDR 5665

FDR 5788

FDR 5802



Infección artificial con *Microcyclus ulei*

Red internacional 12 clones CMS

Cuarentena de 2 años en Montpellier Francia en 2005, antes de enviarlos a:

- África: Ghana (2007), CCGE sembrado en 2010
- Asia: Malaysia (2008) and Camboya (2009)

-> Objetivo:

- Evaluar este material para producción y resistencia a enfermedades (Corynespora, Oïdium, etc) en zonas tradicionales del cultivo, sin Microcyclus.
- Ofrecer una alternativa en caso de introducción de *Microcyclus ulei* en otros continentes.

Red internacional (América Latina) de CCGE con 13 clones CMS

1. Brasil: (7 ensayos)

- Acre, Rio Branco : Embrapa(02/2008)
- Mato Grosso, Itiquira: PEM (12/04-12/2007)
- Rio de Janeiro, Silva Jardim: Pesagro (05/08)
- Bahia, Porto Seguro: Fazenda Batalha (03/2005),
- Bahia, Pr. Tancredo Neves: Casa familiar Rural (06/2007),
- Bahia, Igrapiuna: PMB (06/2000-06/2004)
- Espírito Santo, Pinheiros (04/2007)



2. Otros países de Latino América:

- Ecuador : 3 CCGE (2006, 2007, 2014)
- Colombia: 5 campos (2013, 2014)
- (Guatemala...)

Red de Investigación del Proyecto CMB

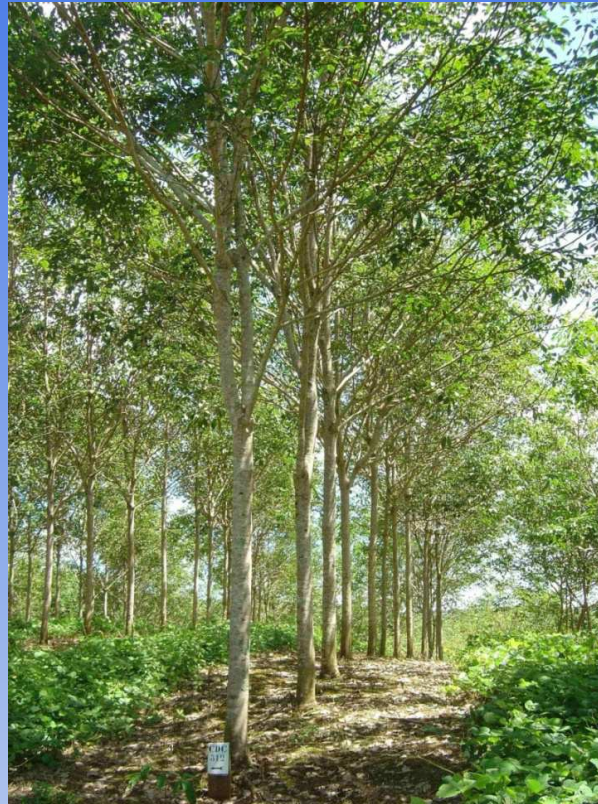


Campo de Clones a Gran Escala: CCGE

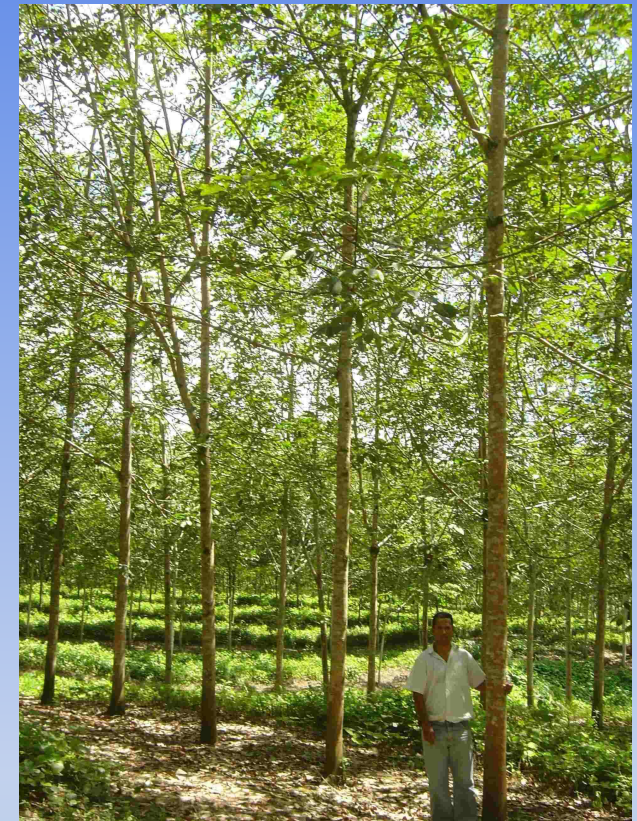


FX 3864

Diseño bloques al azar:
8-10 clones
4 réplicas
80 arboles/clone/réplica

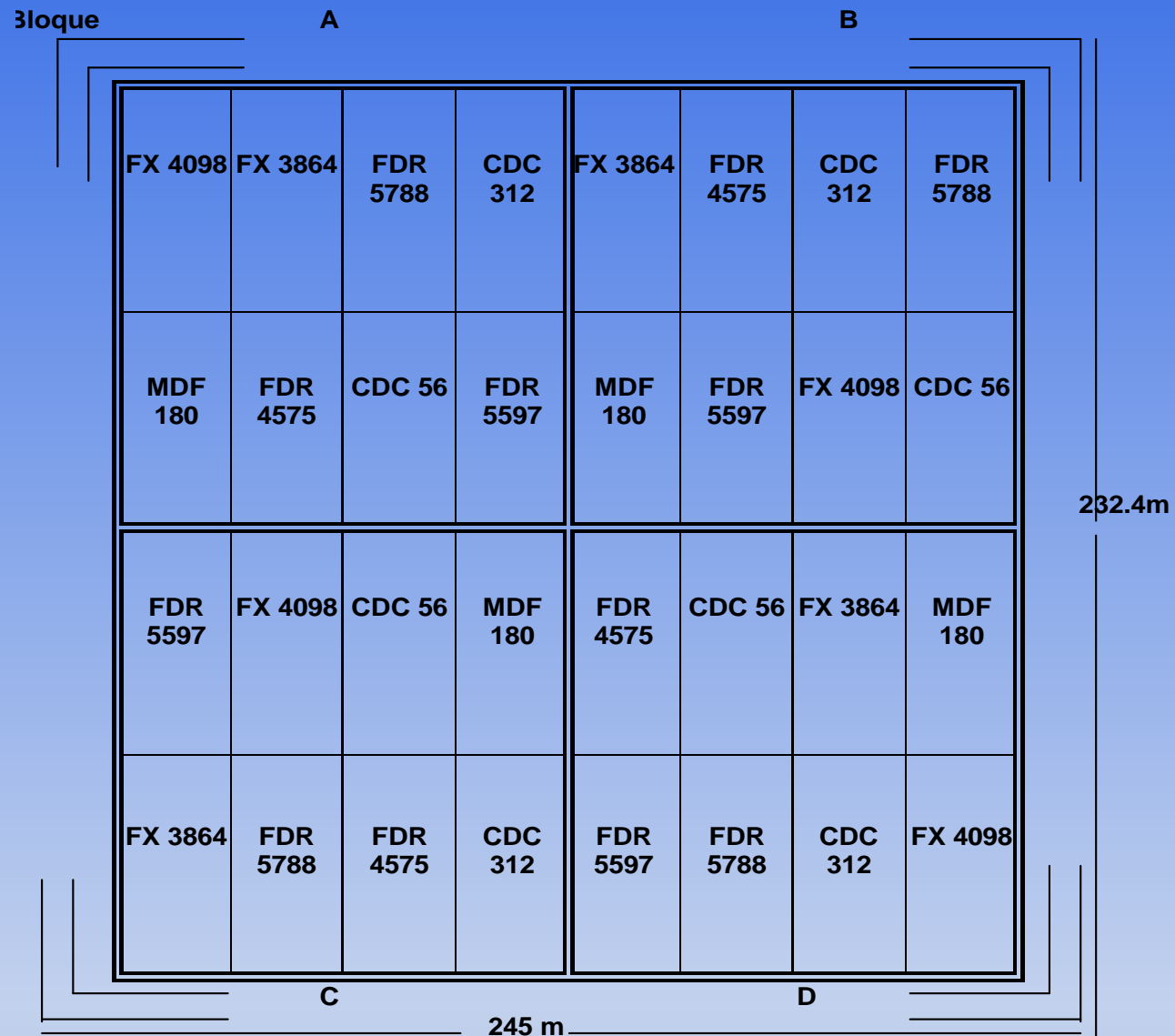


CDC 312



FDR 5788

CCGE Finca, Municipio, Dpto



Campo de 3 años en Santo Domingo, Ecuador



Rivano F., Martinez M., Cevallos V., Cilas C. 2010. Assessing resistance of rubber tree clones to *Microcyclus ulei* in large-scale clone trials in Ecuador: A less time-consuming field method. *European Journal of Plant Pathology*, **126** (4) : p. 541-552

Campo clonal de 8 años en Santo Domingo, Ecuador





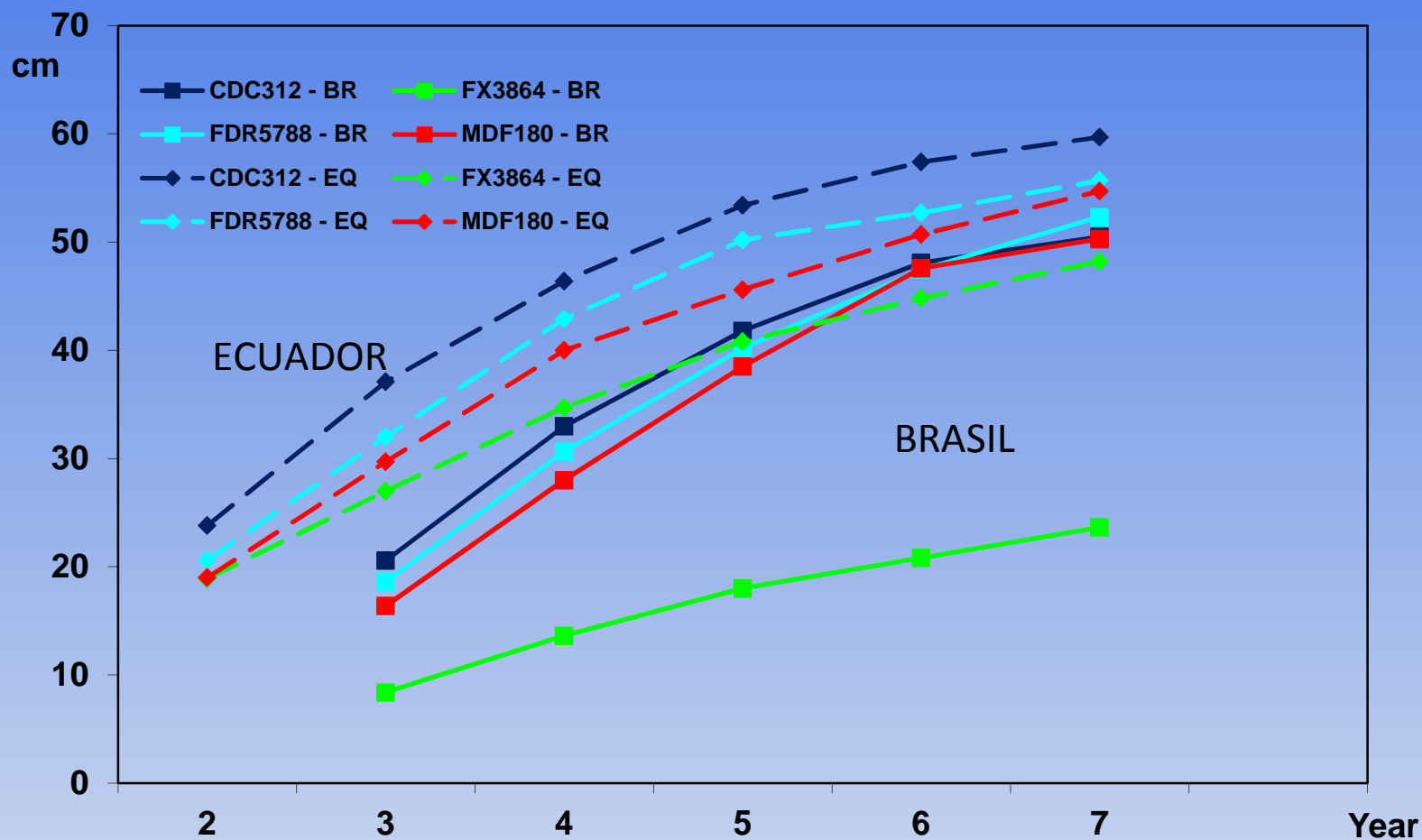
Resistencia al SALB de los clones CMS entre Brasil y Ecuador

Clones	ECUADOR	BRASIL
CDC 312	HR	R
FDR 5788	R	R
CDC 56	HR	R
MDF 180	HR	R
FDR 5597	HR	R
FX 3864	S	HS
FX 4098	S – (R)	HS

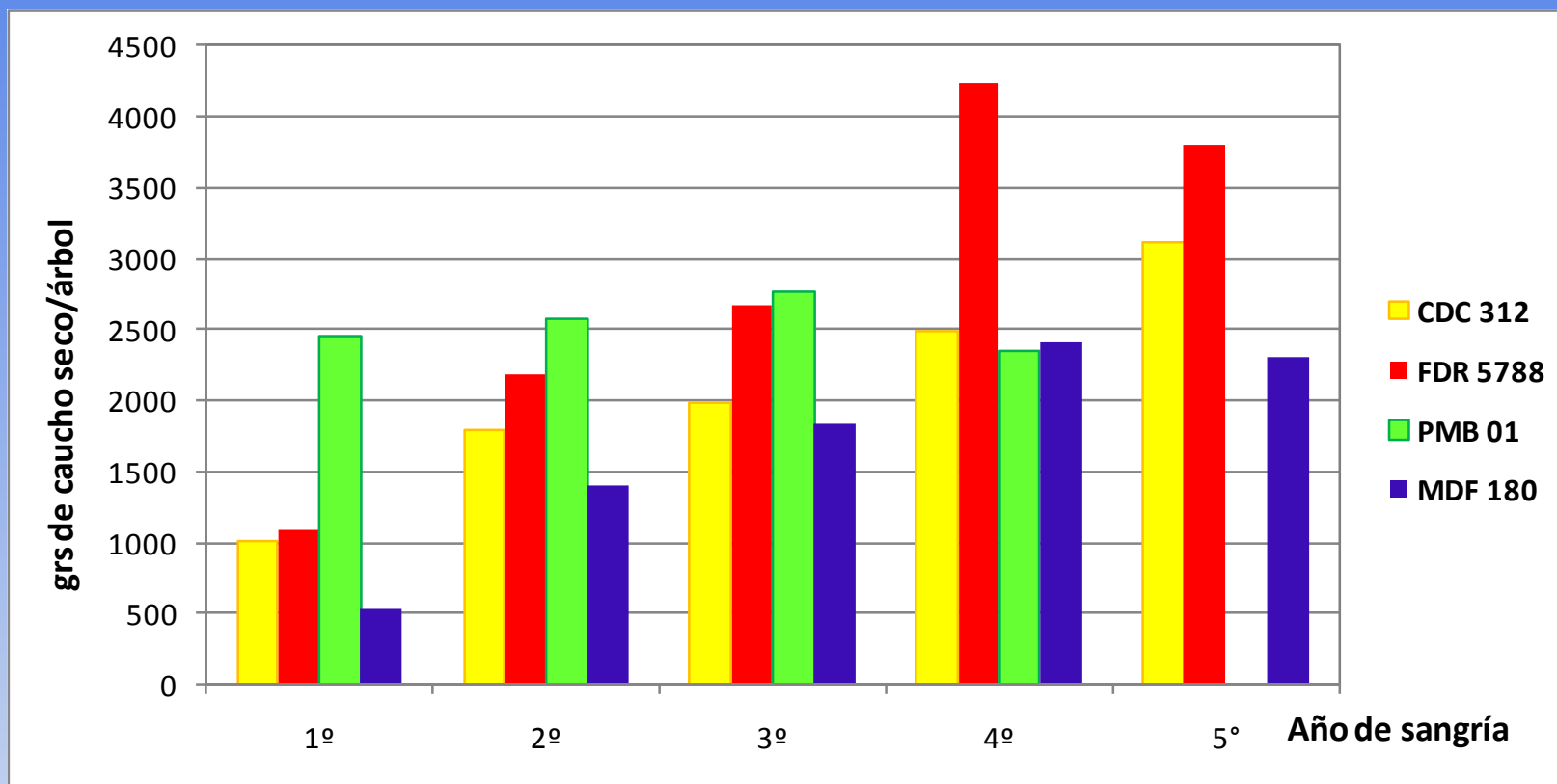
HR: altamente resistente, R: resistente, S: susceptible, HS: altamente susceptible
FX 3864: control

Rivano, F., Mattos, C.R.R., Cardoso, S.E.A., Martinez, M., Cevallos, V., Le Guen, V., Garcia, D., 2013. Breeding *Hevea brasiliensis* for yield, growth and SALB resistance for high disease environments. *Industrial Crops and Products* 44, 659-670

Circunferencia anual de los clones CMS en Ecuador y en Brasil



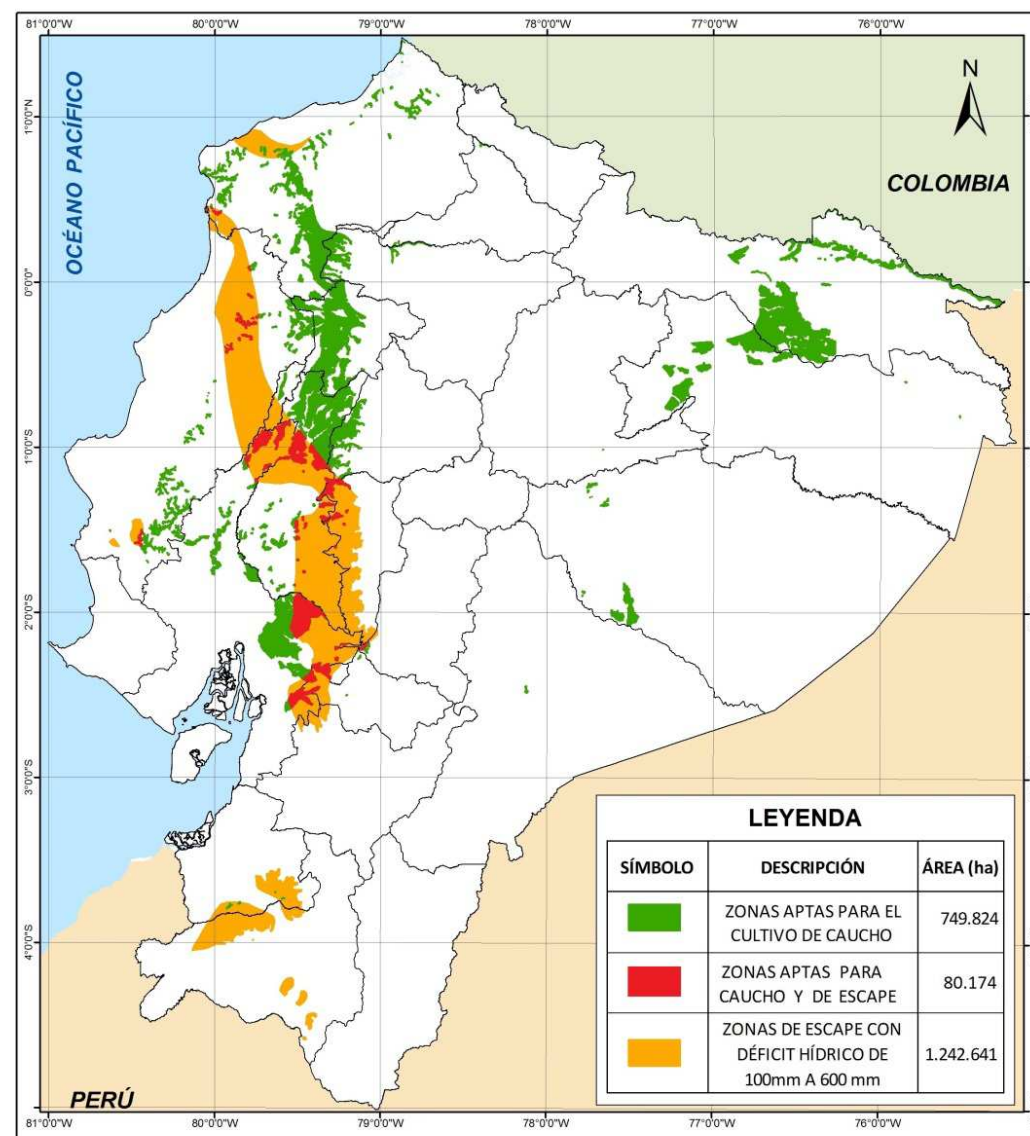
Evolución de la producción por año de sangría (en gramos de caucho seco por árbol) para 4 clones CMS (Cirad Michelin Selection) en campo clonal a gran escala en Bahía-Brasil



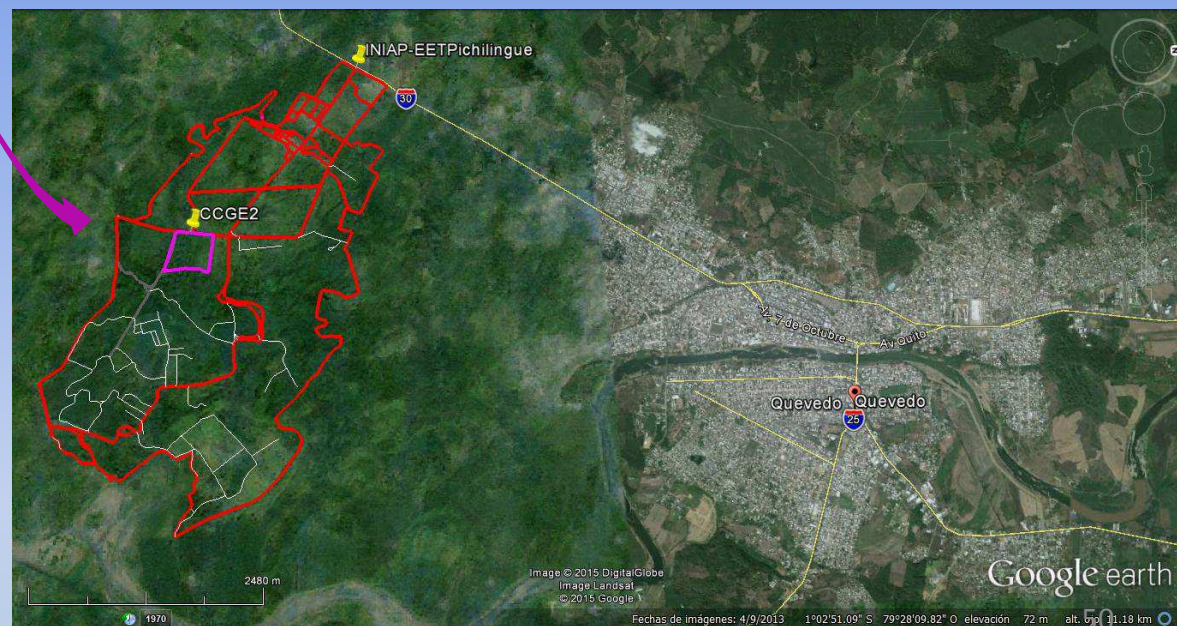
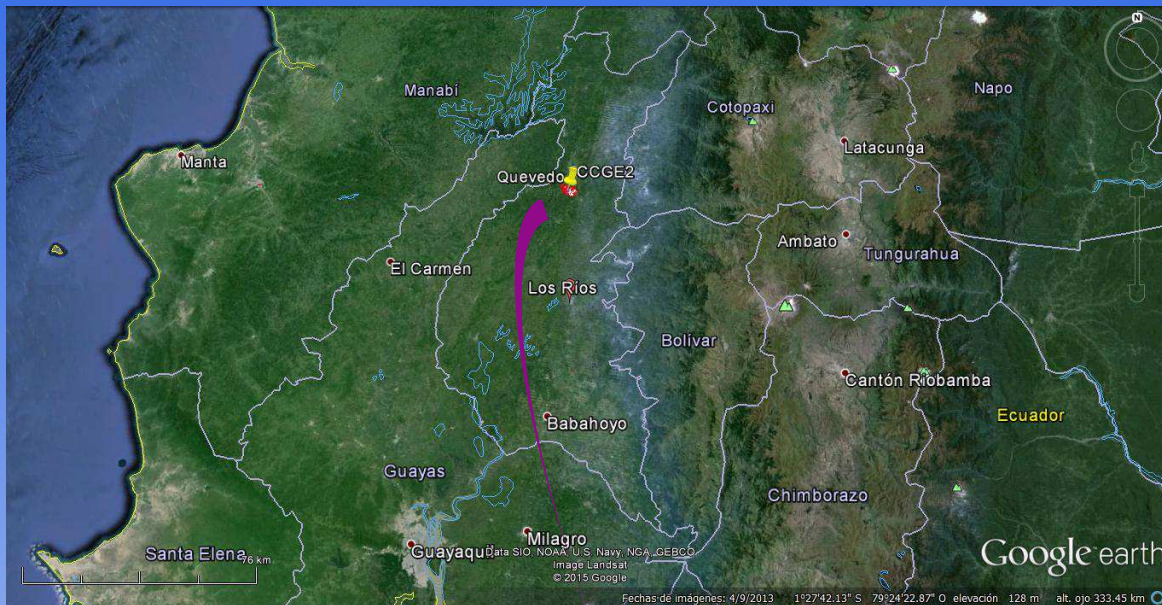
Rivano, F., Mattos, C.R.R., Cardoso, S.E.A., Martinez, M., Cevallos, V., Le Guen, V., Garcia, D., 2013. Breeding *Hevea brasiliensis* for yield, growth and SALB resistance for high disease environments. *Industrial Crops and Products* 44, 659-670

Áreas favorables y de escape para el cultivo de caucho en Ecuador: 80,174 Ha

Rivano, F., Maldonado, L., Simbaña, B., Lucero, R., Gohet, E., Cevallos, V., Yugcha, T., 2015. Suitable rubber growing in Ecuador: An approach to South American leaf blight. Industrial Crops and Products 66, 262-270.



CCGE en zona de escape: inicio 2006/04



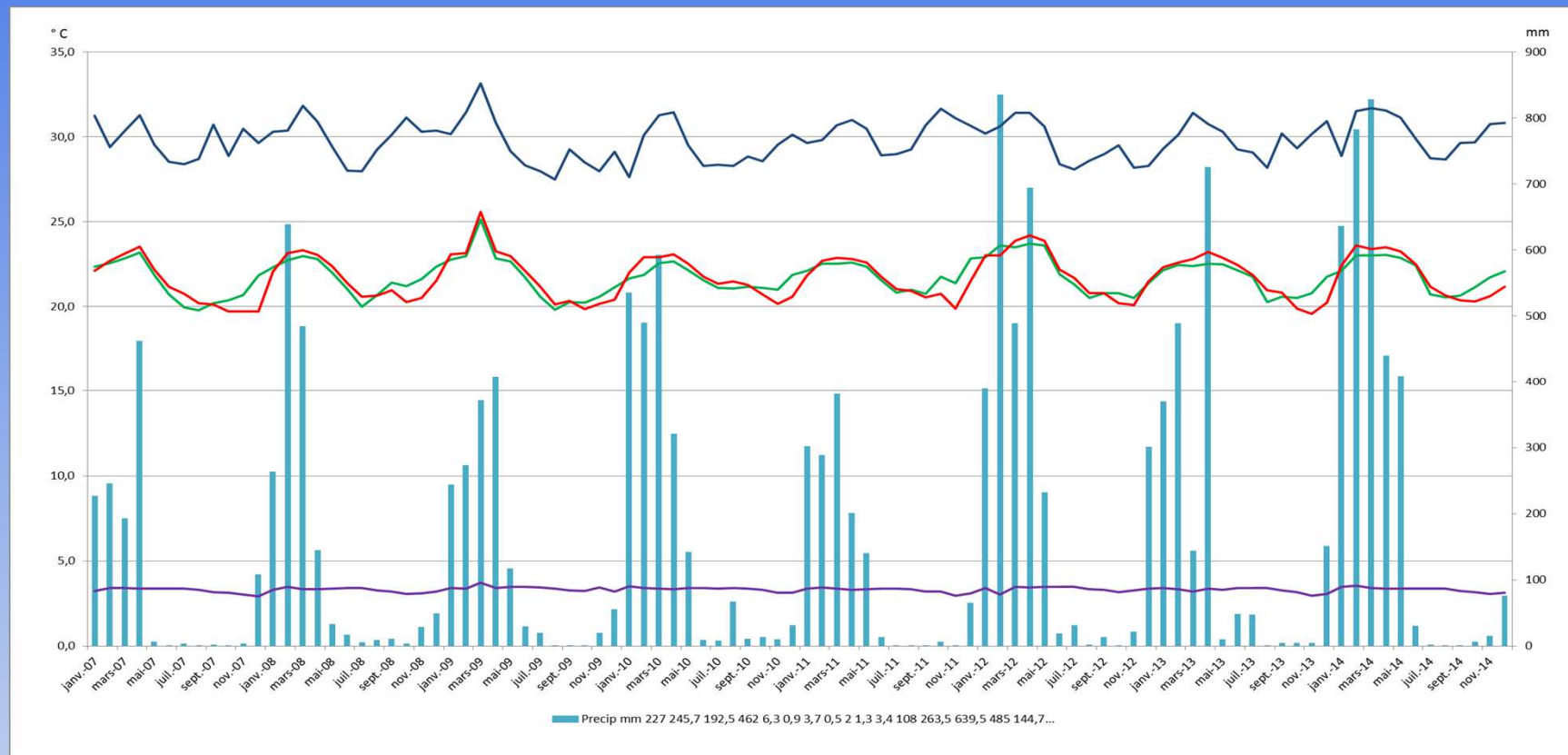
CCGE Pichilingue



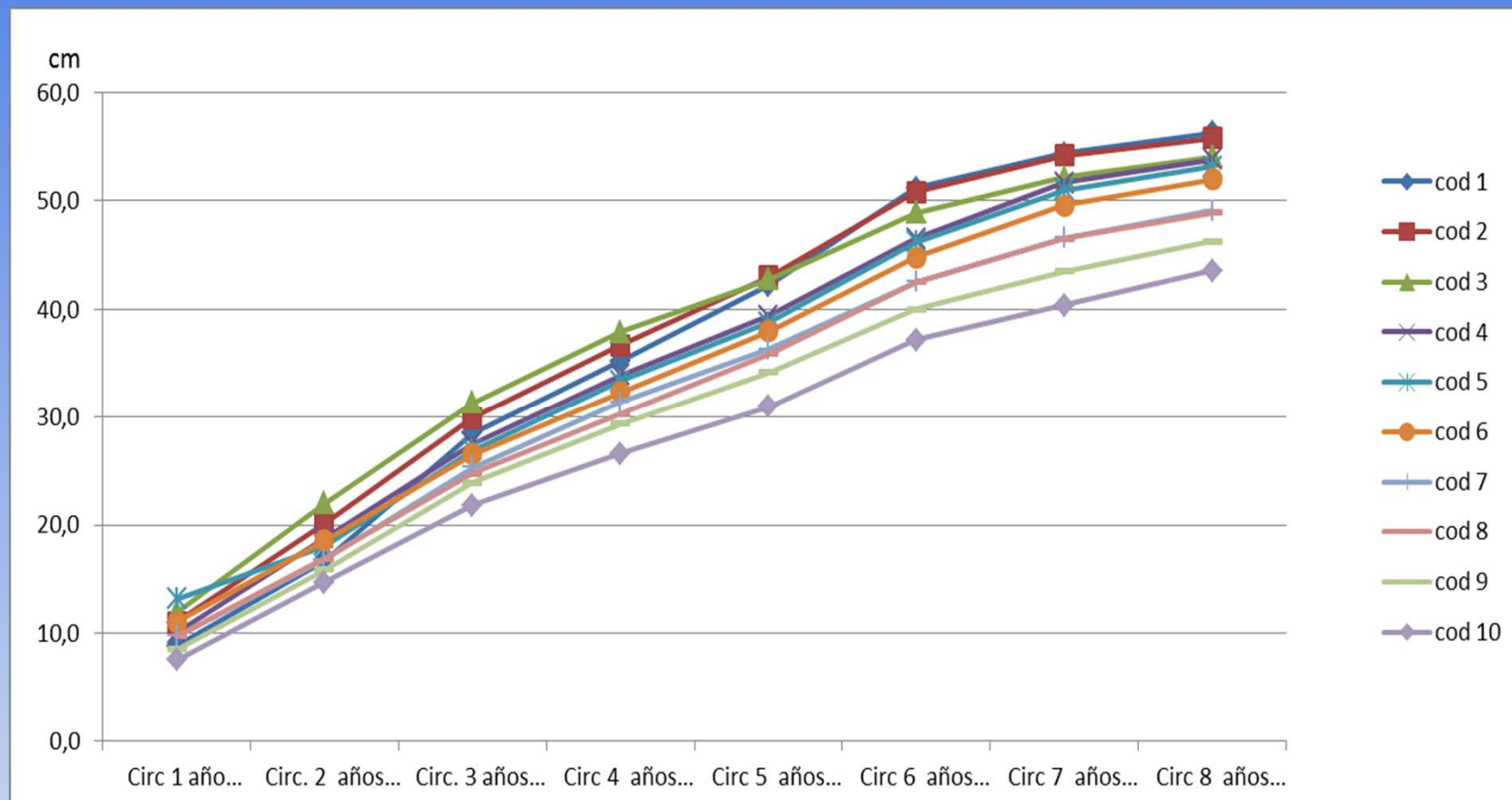
- 10 clones: RRIM, RRIC, PB, IRCA
- 4 rep. x 80 árboles/clon
- Susceptibilidad *M. ulei*
- Circunferencia
- Densidad foliar y Fenología
- Producción (inicio : 2013)



Pichilingue, Climatología 2005-2014

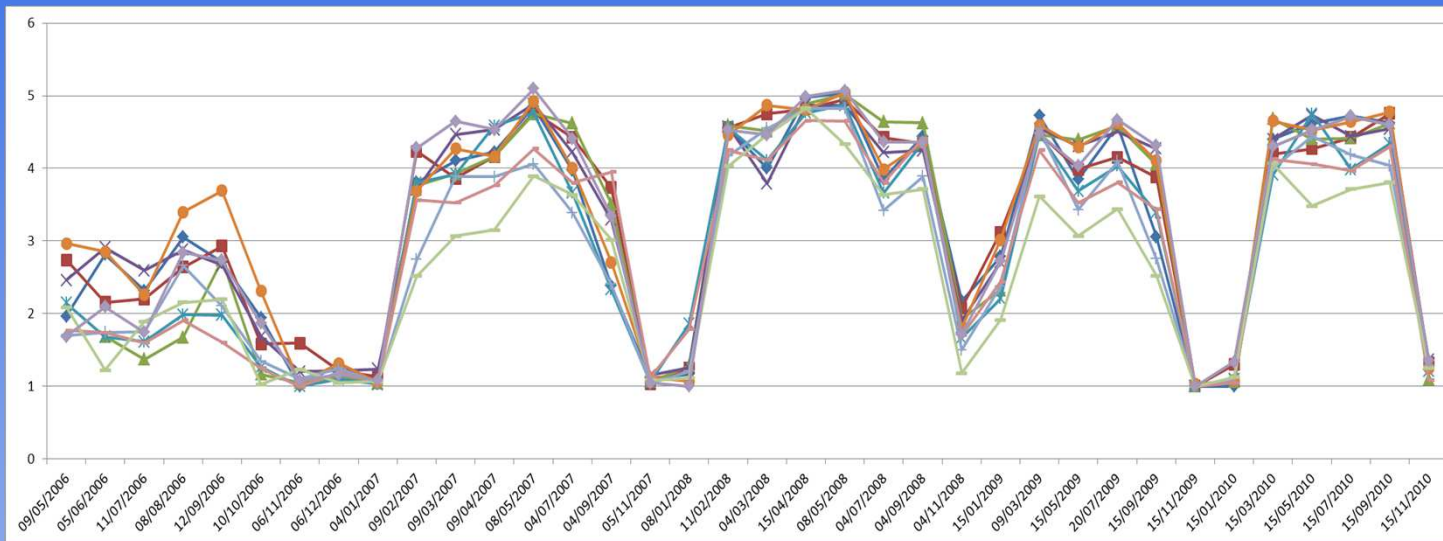


CCGE Pichilingue, circunferencias a 1 m

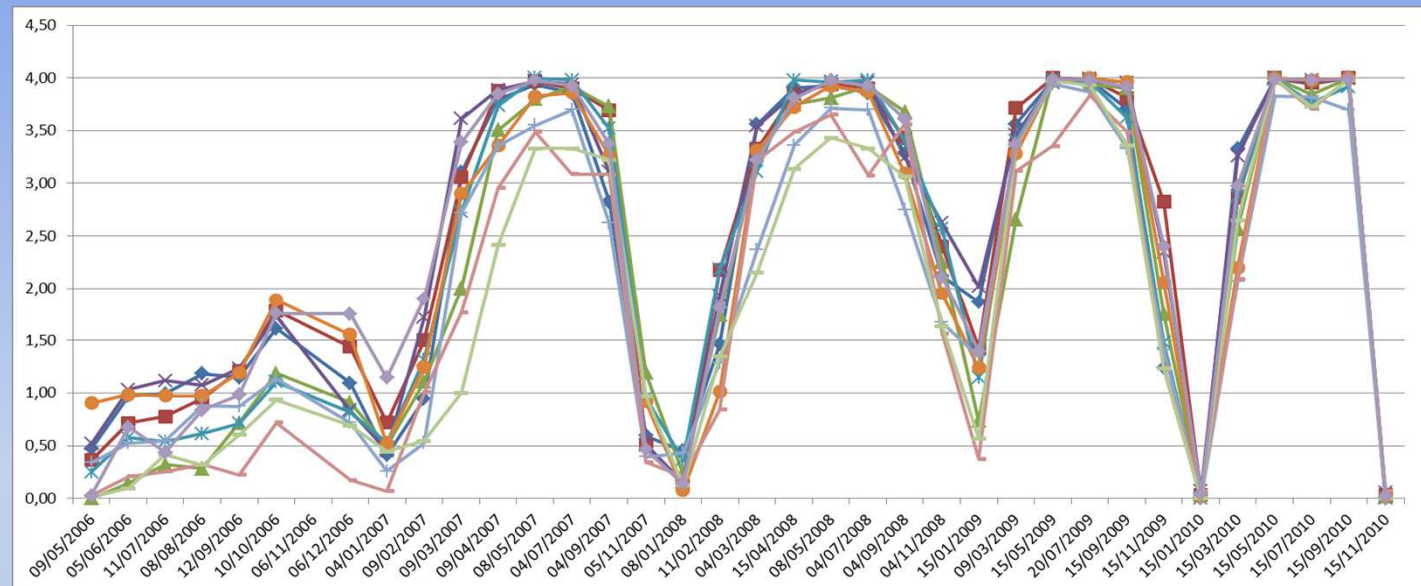


CCGE Pichilingue: susceptibilidad SALB

TR (esporulación)
en hojas jóvenes

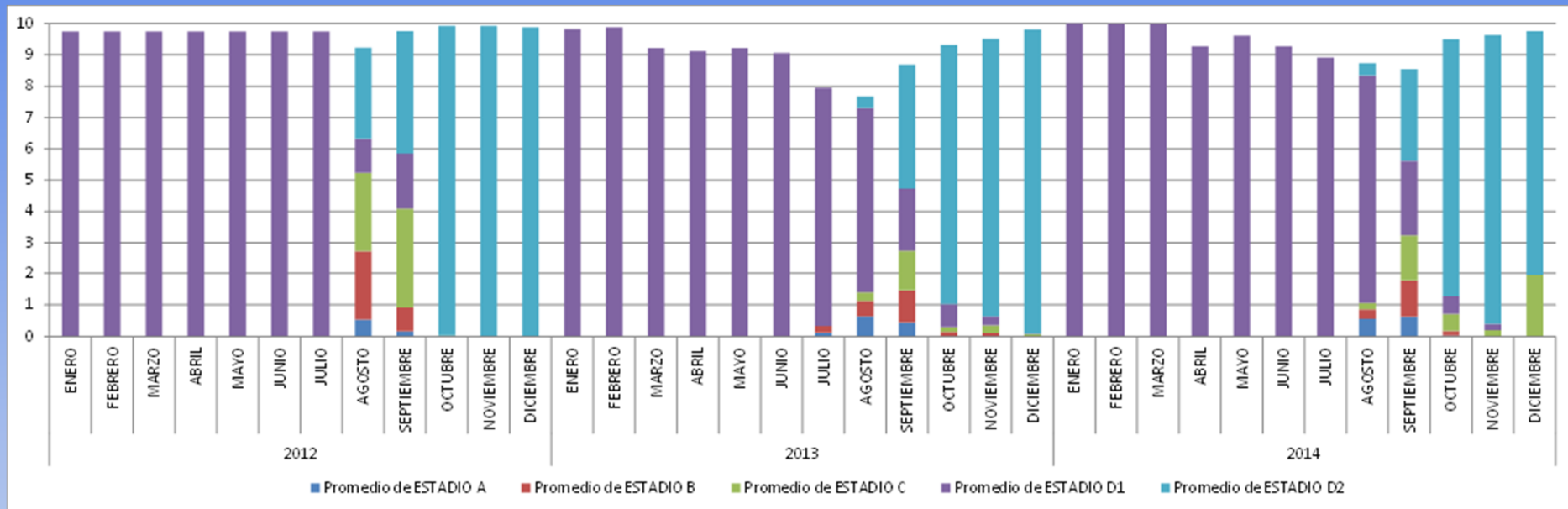


Densidad de estromas
en hojas adultas



CCGE Pichilingue: Fenología

Densidad foliar DF y fenología para clon RRIM 600 durante el periodo 2012 -2014



Conclusiones

- El programa de mejoramiento genético CMB ofrece hoy en día nuevas alternativas **sostenibles** para el fomento del cultivo de caucho frente al riesgo SALB, en zonas de alta o de baja presión de la enfermedad.
- El gran número de materiales obtenidos y la **amplia diversidad genética** de los progenitores ofrecen materiales interesantes para ser seleccionados por su **resistencia al SALB, su producción de caucho y su adaptación a condiciones sub-optimales (escape)**.
- La **red internacional de campos clonales** permite probar y comparar en distintas condiciones ecológicas, el comportamiento de estos nuevos materiales.
- En **zonas de escape**, todavía faltan campos clonales a gran escala con clones de alta productividad, para evaluar y poder recomendar clones adaptados a estas zonas (ex. Colombia).

Gracias por su atención !



Puerto Carreño-Vichada